


**DE10043783**

**Patent number:** DE10043783  
**Publication date:** 2002-03-14  
**Inventor:** KALISCH DIRK (DE); PALTEN THOMAS (DE)  
**Applicant:** LEYBOLD VAKUUM GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: *F04D19/04; G05D16/20; F04D19/00; G05D16/20;*  
(IPC1-7): F04B49/00  
- european: F04C29/10D; F04C29/10F; F04D19/04D;  
G05D16/20D4B  
**Application number:** DE20001043783 20000906  
**Priority number(s):** DE20001043783 20000906

**Also published as:** WO0221230 (A2)**Report a data error here****Abstract of DE10043783**

The invention relates to a chamber (10) wherein a vacuum (pHv) is maintained in a regulated manner. Said chamber is connected to a suction line (14) comprising a plurality of pumps (15, 16, 17) arranged in a series. The regulation of the vacuum (pHv) is achieved by a regulator (21) which alters by a suction parameter, for example the pre-vacuum pressure (pVv) or the speed of a pump (16). As the control range is large, it is divided into sections wherein different regulating parameters are active. The sections are selected by means of the pressure of the vacuum (pHv) measured by a pressure sensor (22). The respectively active regulating parameter is, subsequently, determined according to the pressure of the vacuum, resulting in quicker and more reliable regulation.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 43 783 A 1

51 Int. Cl. 7:  
F 04 B 49/00

21 Aktenzeichen: 100 43 783.4  
22 Anmeldetag: 6. 9. 2000  
43 Offenlegungstag: 14. 3. 2002

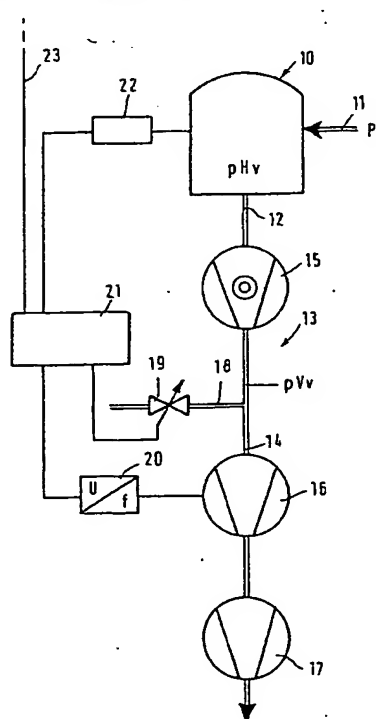
71 Anmelder:  
Leybold Vakuum GmbH, 50968 Köln, DE  
  
74 Vertreter:  
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col.,  
50667 Köln

72 Erfinder:  
Kalisch, Dirk, Dipl.-Ing., 40477 Düsseldorf, DE;  
Palten, Thomas, Dipl.-Ing., 50169 Kerpen, DE  
  
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
DE 198 16 241 C1  
DE 197 15 480 A1  
GUO, Limin, HOVESTÄDT, Erich:  
Parameterangepaßter  
Regler für einen Druckregelkreis. In: O + P -  
Ölhydraulik und Pneumatik 33, 1989, Nr. 12, S. 958-  
S. 960;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung des Vakuums in einer Kammer

57 Eine Kammer (10), in der ein Vakuum (pHv) geregelt aufrechterhalten werden soll, ist mit einer Saugleitung (14) verbunden, die mehrere Pumpen (15, 16, 17) in Serie enthält. Die Regelung des Vakuums (pHv) erfolgt durch einen Regler (21), der einen Saugparameter verändert, beispielsweise den Vorvakuumdruck (pVv) oder die Drehzahl einer Pumpe (16). Infolge des großen Regelbereichs ist der Regelbereich in Abschnitte unterteilt, in denen unterschiedliche Regelparameter wirksam sind. Die Abschnitte werden anhand des von einem Drucksensor (22) gemessenen Vakuumdrucks (pHv) ausgewählt. Der jeweils aktive Regelparameter wird also in Abhängigkeit vom Vakuumdruck bestimmt. Hierdurch wird die Regelung schneller und sicherer.



DE 100 43 783 A 1

DE 100 43 783 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Vakuums in einer Kammer, insbesondere zur Regelung des Vakuumdruckes in einer Vakuumkammer, in der Prozessabläufe durchgeführt werden, wie beispielsweise Aufdampfprozesse, Ätzprozesse in der Halbleitertechnik und ähnliches.

[0002] Zur Erzeugung eines Vakuums in einer Kammer wird üblicherweise eine mehrstufige Pumpvorrichtung eingesetzt, bei der häufig die erste Pumpe eine Turbomolekularpumpe ist und die nachgeordneten Pumpen als Roots-Pumpe und/oder Vorpumpen ausgebildet sind. Eine derartige Pumpvorrichtung ist in WO 99/04325 beschrieben. Bei dieser Pumpvorrichtung wird der in der Kammer herrschende Druck gemessen und durch einen Regler auf einem Sollwert konstantgehalten, welcher auf den Druck auf der Vorvakuumseite der mit der Kammer verbundenen ersten Vakuumpumpe einwirkt. Die Druckregelung erfolgt in der Weise, dass bei einem Abweichen des Drucks in der Kammer von einem Solldruck der Vorvakuumdruck derart verändert wird, dass der Druck in der Kammer seinen Sollwert einnimmt.

[0003] Eine Schwierigkeit bei der Druckregelung in Vakuumkammern besteht darin, dass das Saugvermögen z. B. einer Reibungsvakuumpumpe vom Gasfluss und von der Gasart abhängig ist und dass diese Abhängigkeit die Druckregelung beeinflusst. So besteht z. B. für eine Reibungsvakuumpumpe, wie in der WO 99/04325 beschrieben, eine starke Abhängigkeit des Saugvermögens vom anliegenden Vorvakuumdruckes, im Vorvakuumdruck-Bereich von 2–4 mbar für  $N_2$ . In diesem Druckbereich ist also eine Regelung in einfacher Weise möglich. Anders ist dies jedoch im Bereich unterhalb von etwa 2 mbar. Hierbei verläuft die Kurve, die den Kammerdruck auf der Ordinate als Funktion des Vorvakuumdrucks auf der Abszisse wiedergibt, nahezu horizontal. Bei schweren Gasen, wie beispielsweise  $SF_6$  ist der horizontale Verlauf dieser Kurve noch ausgeprägter, so dass hier eine Druckregelung außerordentlich schwierig ist. Das Problem besteht in den stark unterschiedlichen Steigungen, nicht im absoluten Wert.

[0004] WO 99/04325 beschreibt ein Verfahren zur Regelung des Vakuums in einer Kammer unter Benutzung eines Reglers, der als PID-Regler ausgebildet sein kann und bei dem die Regelparameter in Abhängigkeit von dem jeweils vorgegebenen Solldruck verändert werden. Der Regelparameter besteht aus dem bzw. den Koeffizienten der PID-Regelung, insbesondere dem Proportional-Koeffizienten und dem Integral-Koeffizienten. Diese Regelparameter können entsprechend der Art des zu pumpenden Gases verändert werden. Dadurch ist es möglich, in einem sehr weiten Druckbereich eine akzeptable Druckregelung vorzunehmen.

[0005] EP 0 857 876 A2 und EP 0 898 083 A2 beschreiben jeweils Regelverfahren zur Regelung des Drucks einer Vakuumkammer, wobei über ein Regelventil die erste Pumpe der Pumpengruppe überbrückt ist und das Regelventil von dem Kammerdruck gesteuert ist. Damit ist das Problem, das mit der Regelung eines extrem großen Druckbereichs verbunden ist, und das Problem, das sich durch die flache Kurve des Hochvakuumdrucks in Abhängigkeit vom Vorvakuumdruck ergibt, noch nicht gelöst.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung des Vakuums in einer Kammer anzugeben, mit denen eine schnelle und präzise Regelung des Kammerdrucks möglich ist.

[0007] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß bei dem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und bei der Vorrichtung mit den Merkmalen des

Patentanspruchs 7. Nach der Erfindung erfolgt die Regelung des Kammerdrucks mit unterschiedlichen Regelparametern, wobei der jeweils aktuelle Regelparameter in Abhängigkeit von dem in der Kammer herrschenden Istdruck bestimmt wird. Es hat sich herausgestellt, dass zur Bestimmung des Regelparameters der in der Kammer herrschende Istdruck besser verwendbar ist als der jeweilige Solldruck. Die Bestimmung des Regelparameters anhand des Istdrucks hat den Vorteil, dass eine schnelle Ausregelung erfolgt und Überspringen weitgehend vermieden wird.

[0008] Grundsätzlich erfolgt die Festlegung des Regelparameters anhand des Istdrucks der Kammer, jedoch kann zusätzlich auch der Solldruck Berücksichtigung finden, insbesondere in Situationen, in denen der Istdruck im unteren Teil des für die Druckregelung relevanten Druckbereichs liegt bzw. im horizontalen Teil der Kurve, die die Abhängigkeit des Kammerdrucks vom Vorvakuumdruck für das jeweilige Gas angibt. Wenn der Istdruck in diesem unteren Teil liegt, sollte es für die Wahl des Regelparameters bedeutsam sein, ob der Sollwert mehr oder weniger weit über dem Istwert liegt. Wenn die Regelung diesen extrem niedrigen Druckzustand verlassen hat und der Istdruck in dem Bereich höherer Werte angestiegen ist, kann die Regelung unter Verwendung des ausschließlich vom Istdruck abhängigen Regelparameters weitergeführt werden.

[0009] Ein Parameter, der durch die Regelung verändert wird, kann der Vorvakuumdruck zwischen zwei Pumpen der Pumpvorrichtung sein. Die Veränderung des Vorvakuumdrucks ist in der Weise möglich, dass die betreffende Saugleitung über ein Regelventil mit einer Druckquelle oder einer Vakuumquelle verbunden wird oder auch mit der Kammer, deren Druck geregelt werden soll. Eine andere Alternative besteht darin, die Laufgeschwindigkeit bzw. die Saugleistung der nachfolgenden Pumpe der Pumpvorrichtung durch den Regler zu verändern.

[0010] Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

[0011] Es zeigen:

[0012] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Kammer, in der ein Vakuum geregelt aufrechterhalten wird, und [0013] Fig. 2 ein Diagramm zur Erläuterung der Auswahl des Regelparameters in Abhängigkeit von dem Kammerdruck.

[0014] Gemäß Fig. 1 ist eine Kammer 10 vorgesehen, die hermetisch abgeschlossen ist und in der ein Vakuum erzeugt werden soll. Die Kammer 10 ist beispielsweise eine Kammer, in der eine Bearbeitung von Werkstücken oder Halbleitern bei einem niedrigen Druck durchgeführt werden soll. Die Kammer 10 weist einen Einlass 11 auf, der an eine Prozessgasquelle PQ angeschlossen ist, durch die mindestens ein Prozessgas der Kammer 10 zugeführt wird.

[0015] An einen Sauganschluss 12 der Kammer 10 ist die Pumpvorrichtung 13 angeschlossen. Diese besteht aus mehreren hintereinander in die Saugleitung 14 geschalteten Pumpen, wobei die erste Pumpe 15 eine Reibungsvakuumpumpe, beispielsweise eine Turbomolekularpumpe ist. Die zweite Pumpe 16 ist hier eine Verdrängerpumpe, z. B. eine Roots-Pumpe. Die dritte Pumpe 17 ist eine Pumpe, die gegen den Atmosphärendruck komprimiert.

[0016] Der Gasdruck in der Kammer 10 ist mit pHv (Hochvakuum) bezeichnet und der Druck hinter der ersten Pumpe 15, die die Hochvakuumpumpe darstellt, ist mit pVv (Vorvakuumdruck) bezeichnet.

[0017] In die Saugleitung 14 führt zwischen den Pumpen 15 und 16 eine Zuführleitung 18 hinein, die ein Regelventil 19 enthält und an eine Druckquelle angeschlossen ist, welche z. B. ein Inertgas mit einem definierten Druck liefert.

Durch das Regelventil 19 wird bei diesem Ausführungsbeispiel der Vorvakuumdruck pVv als erster Saugparameter verändert.

[0018] Ein zweiter Saugparameter wird von der Drehzahl oder Frequenz f der Pumpe 16 gebildet. Diese Pumpe wird von einem Spannungs-Frequenz-Umsetzer 20 über einen (nicht dargestellten) Asynchron-Motor angetrieben.

[0019] Das Regelventil 19 und die Pumpe 16 werden von einem Regler 21 gesteuert, wobei die Steuerung in der Weise erfolgt, dass das Öffnen des Ventils 19 zugleich mit einer Verringerung der Frequenz f der Pumpe 16 verbunden ist. Durch beide Maßnahmen wird eine Erhöhung des Vorvakuumdrucks pVv verursacht. Andererseits ist das Schließen des Ventils 19 mit einer Erhöhung der Frequenz f der Pumpe 16 verbunden, was zu einer Verringerung des Vorvakuumdrucks pVv führt. Eine Erhöhung des Vorvakuumdrucks hat eine Erhöhung des Hochvakuumdrucks pHv zur Folge und eine Verringerung des Vorvakuumdrucks hat eine Verringerung des Hochvakuumdrucks zur Folge.

[0020] Der Regler 21 empfängt das Signal eines Drucksensors 22, welcher den Hochvakuumdruck pHv in der Kammer 10 misst. Er empfängt außerdem über eine Leitung 23 einen Sollwert, der manuell oder von einer Steuervorrichtung vorgegeben werden kann. Dieser Sollwert gibt den Solldruck an, der in der Kammer 10 erzeugt und konstantgehalten werden soll.

[0021] Der Regler 21 ist ein PID-Regler, der die Frequenz f(t) der Pumpe 16 nach folgender Formel zeitlich verändert:

$$f(t) = K_p(P(t) - P_s(t)) + K_i \int (P(x) - P_s(x)) dx + K_d(d(P(t) - P_s(t))/dt)$$

[0022] Hierin ist Kp der Proportional-Koeffizient oder Proportional-Verstärkungsfaktor des PID-Reglers, Ki der Integral-Koeffizient Kd der Ableitungs-Koeffizient, P der Istdruck in der Kammer und Ps der vorgegebene Solldruck. x ist die Integrationsvariable und t die Zeit.

[0023] Die Koeffizienten Kp, Ki und Kd werden in ihrer Gesamtheit als Regelparameter Kn bezeichnet, wobei n eine laufende Nummer darstellt, die einen bestimmten Regelparameter bezeichnet.

[0024] Der jeweils aktuelle Regelparameter K1 bis K8 wird in Abhängigkeit von dem Hochvakuumdruck pHv bestimmt, der von dem Drucksensor 22 gemessen wird. Die Bestimmung des Parameters erfolgt nach der nachstehend aufgeführten Tabelle 1.

Tabelle 1

Bereich 1:  $0 \text{ mTorr} \leq \text{pHv} \leq 5 \text{ mTorr} \rightarrow K1$   
 Bereich 2:  $5 \text{ mTorr} < \text{pHv} \leq 10 \text{ mTorr} \rightarrow K2$   
 Bereich 3:  $10 \text{ mTorr} < \text{pHv} \leq 20 \text{ mTorr} \rightarrow K3$   
 Bereich 4:  $20 \text{ mTorr} < \text{pHv} \leq 35 \text{ mTorr} \rightarrow K4$   
 Bereich 5:  $35 \text{ mTorr} < \text{pHv} \leq 50 \text{ mTorr} \rightarrow K5$   
 Bereich 6:  $50 \text{ mTorr} < \text{pHv} \leq 110 \text{ mTorr} \rightarrow K6$   
 ( $0 \text{ mTorr} \leq \text{pHv} \leq 10 \text{ mTorr}$ ) & ( $12 \text{ mTorr} < P_s$ )  $\rightarrow K7$   
 ( $0 \text{ mTorr} \leq \text{pHv} \leq 10 \text{ mTorr}$ ) & ( $25 \text{ mTorr} < P_s$ )  $\rightarrow K8$   
 [0025] Die Bereiche 1 bis 6 kennzeichnen die Druckbereiche des Hochvakuumdrucks, in denen der Regelparameter ausschließlich vom Hochvakuumdruck abhängig ist.  
 [0026] Dies ist in dem Diagramm von Fig. 2 verdeutlicht. Dort ist auf der Abszisse der Vorvakuumdruck pVv in mbar aufgezeichnet und längs der Ordinate der Hochvakuumdruck pHv in mTorr. Die Darstellung ist entlang der Ordinate logarithmisch und entlang der Abszisse nichtlinear. Die Kurve 25 gibt für ein bestimmtes Gas (hier: Argon) die Abhängigkeit des Hochvakuumdrucks pHv von dem Vorvakuumdruck pVv wieder. Man erkennt, dass unterhalb eines

Vorvakuumdruckes von 2 mbar die Kurve 25 im wesentlichen horizontal verläuft, d. h. dass in diesem Bereich der Hochvakuumdruck weitgehend unabhängig ist vom Vorvakuumdruck. Oberhalb von 2 mbar steigt dagegen die Kurve 25 stark an. Dieser Bereich kann für eine Druckregelung durch Beeinflussung des Vorvakuumdrucks benutzt werden.

[0027] Die Grenzwerte der Bereiche 1 bis 6 des Hochvakuumdrucks sind 5, 10, 15, 20, 35, 50 und 110 mTorr. Wenn der Solldruck für das Hochvakuum kleiner ist als 12 mTorr, erfolgt die Festsetzung des Regelparameters K allein aufgrund des Hochvakuumdrucks. Ist der Solldruck Ps dagegen größer als 12 mTorr und  $\text{pHv} < 10 \text{ mTorr}$ , geht auch die Sollwerthöhe in die Bestimmung des Regelparameters ein.

[0028] In Fig. 2 ist der Fall dargestellt, dass der Istdruck Pi der vom Drucksensor 22 gemessen wird, 2 mTorr beträgt. Der in der Leitung 23 vorgegebene Solldruck Ps betrage 100 mTorr. Hieraus ergibt sich, dass der Regelparameter K8 wirksam wird, was zur Folge hat, dass der Hochvakuumdruck und der Vorvakuumdruck ansteigen. Sobald der Hochvakuumdruck den Grenzwert 10 mTorr erreicht hat, ist die Bedingung zur Beibehaltung von K8 nicht mehr erfüllt. Folglich wird die Sollwertabhängigkeit beendet und die weitere Regelung auf den Solldruck Ps erfolgt aufeinanderfolgend mit den Regelparametern K3, K4, K5 und K6.

[0029] Die Größe der Regelparameter wird jeweils empirisch bestimmt, indem die Ausregelzeit auf einen Sollwertsprung ermittelt und minimiert wird.

[0030] Abweichend von dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist es auch möglich, den Regelparameter nicht in Schritten zu verändern, sondern kontinuierlich, wobei zwischen den festgelegten Regelparametern eine Interpolation erfolgen kann. Wenn der Regelparameter in Schritten verändert wird, ist in einem Rechner eine Liste der einzelnen Bereiche und der zugehörigen Regelparameter gemäß Tabelle 1 hinterlegt. Aus dieser Liste wird der jeweils aktuelle Regelparameter ausgelesen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Vakuums in einer Kammer (10), welche mit einer mehrere Pumpen (15, 16, 17) in Serie enthaltenden Pumpvorrichtung (13) verbunden ist, bei welchem mindestens ein Saugparameter in Abhängigkeit von dem in der Kammer herrschenden Hochvakuumdruck (pHv) und einem vorgegebenen Solldruck (Ps) verändert wird, wobei die Veränderung des Saugparameters unter Verwendung mindestens eines Regelparameters (Kn) erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regelparameter (Kn) in Abhängigkeit von dem in der Kammer (10) herrschenden Hochvakuumdruck (pHv) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelparameter (Kn) zusätzlich in Abhängigkeit von dem Solldruck (Ps) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass Bereiche (1–6) des Hochvakuumdrucks (pHv) vorbestimmt werden, in denen der Regelparameter (Kn) ausschließlich durch den Hochvakuumdruck (pHv) bestimmt wird, und ein Bereich, in dem der Regelparameter zusätzlich durch den Solldruck (Ps) bestimmt wird, wenn dieser Solldruck einen Schwellwert übersteigt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Saugparameter, der durch die Regelung verändert wird, der Vorvakuumdruck (pVv) zwischen zwei Pumpen (15, 16) der Pumpvorrichtung ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch

gekennzeichnet, dass ein Saugparameter, der durch die Regelung verändert wird, die Drehzahl einer der Pumpen (16) der Pumpvorrichtung (13) ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Regelparameter (K) mit einem Proportional-Koeffizienten ( $K_p$ ) und einem Integral-Koeffizienten ( $K_i$ ) verwendet wird. 5

7. Vorrichtung zur Regelung des Vakuums in einer Kammer (10), welche mit einer mehrere Pumpen (15, 16, 17) in Serie enthaltenden Pumpvorrichtung (13) 10 verbunden ist, mit einem Regler (21), der den Wert des in der Kammer (10) herrschenden Hochvakuumdrucks ( $p_{Hv}$ ) und einen Sollwert empfängt, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (21) mindestens einen Regelparameter ( $K_n$ ) benutzt, der in Abhängigkeit von dem 15 Hochvakuumdruck ( $p_{Hv}$ ) veränderbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelparameter ( $K_n$ ) ein Regelkoeffizient ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (21) ein mit einer Saugleitung (14) verbundenes Regelventil (19) steuert. 20

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7–9, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (21) die Drehzahl einer der Pumpen (16) der Pumpvorrichtung (13) 25 steuert.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

45

50

55

60

65

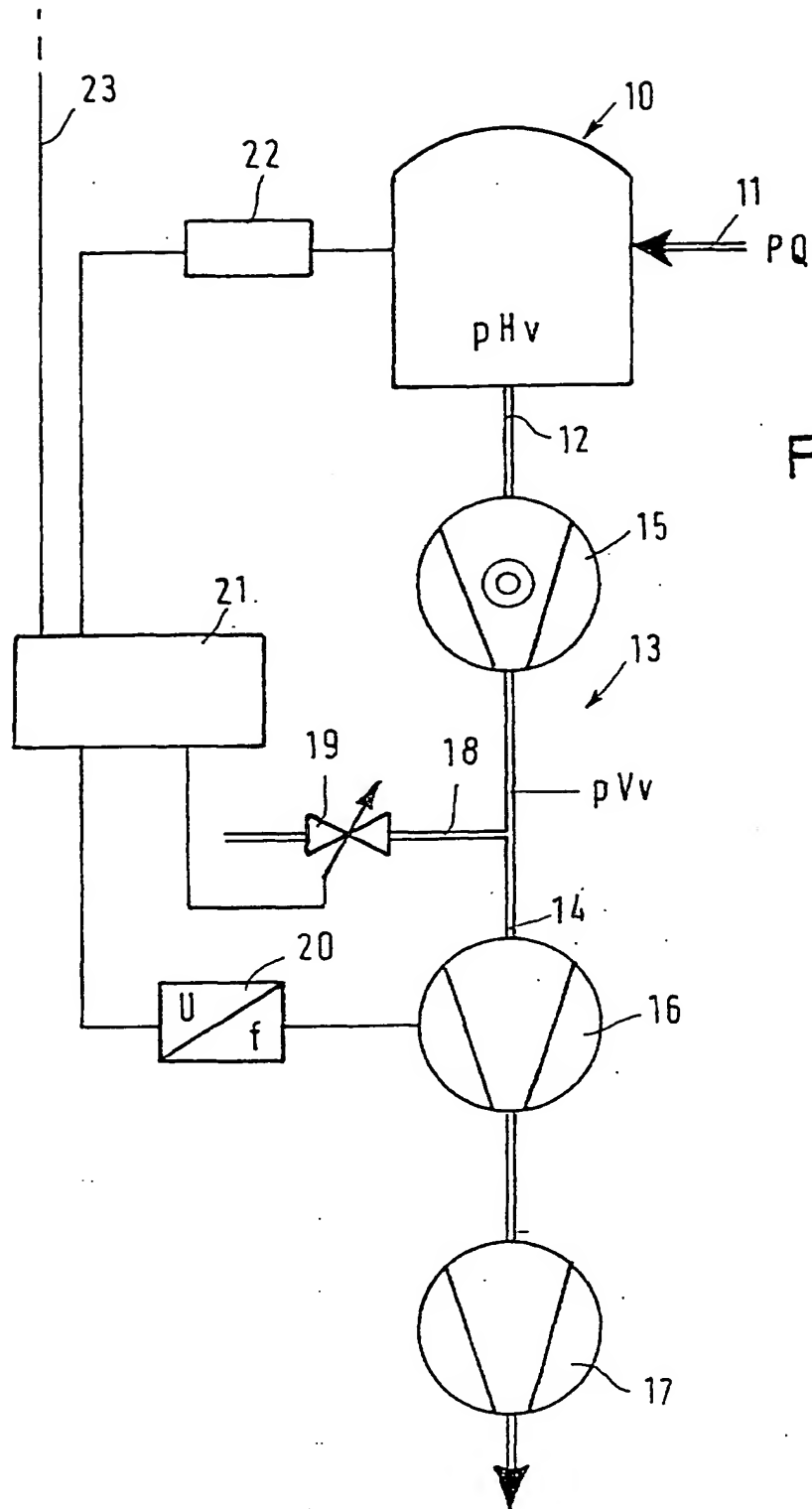
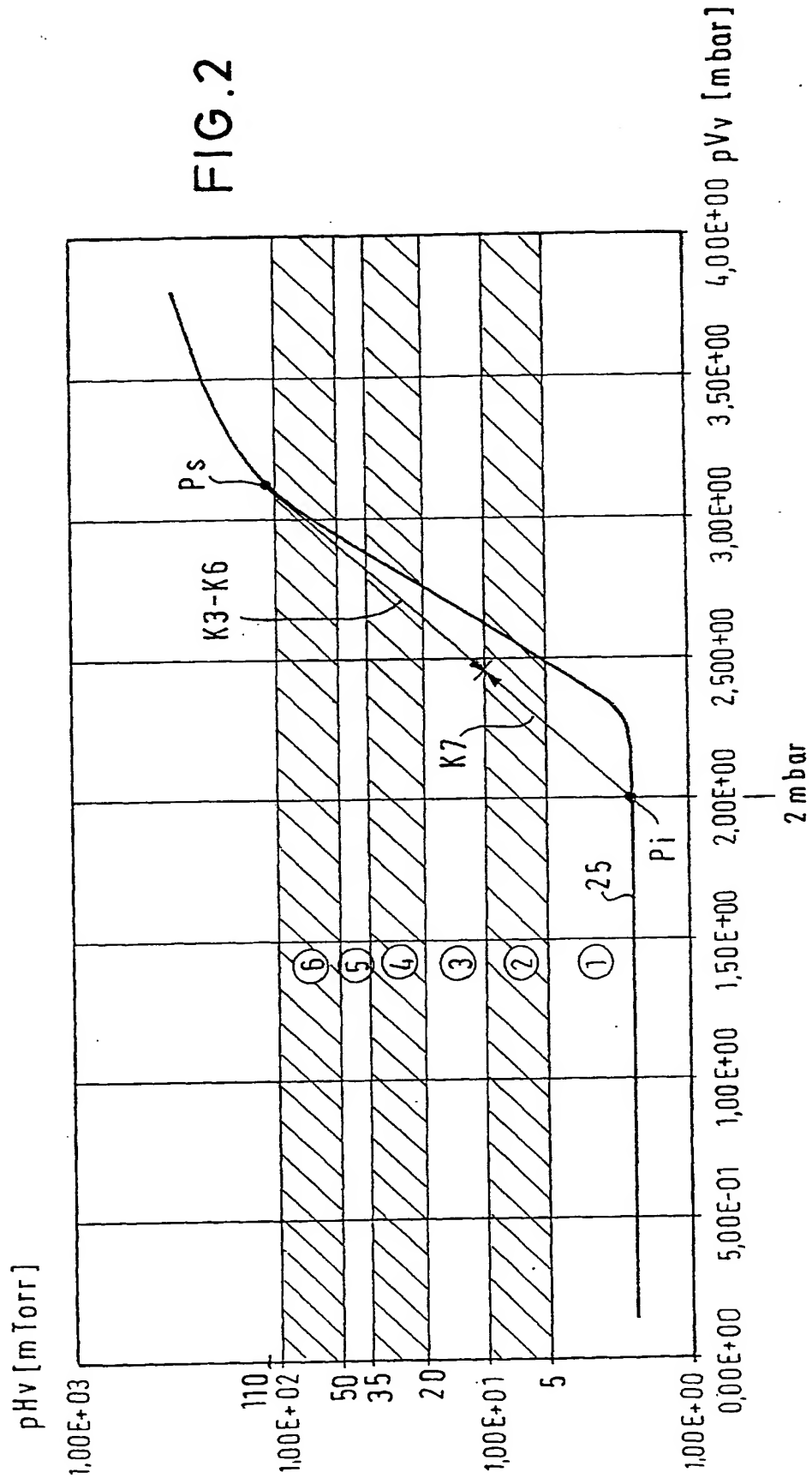


FIG.1





(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. November 2003 (27.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/098045 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F04B 43/00,  
49/20, 37/14

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BECKER, Erich  
[DE/DE]; Glöcklehofweg 13, 79189 Bad Krozingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/04988

(74) Anwälte: MAUCHER, Wolfgang usw.; Dreikönigstrasse  
13, 79102 Freiburg i. Br. (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. Mai 2003 (13.05.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 22 130.8 17. Mai 2002 (17.05.2002) DE

Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): KNF NEUBERGER GMBH [DE/DE]; Alter Weg 3,  
79112 Freiburg (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.



(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A VACUUM AND A VACUUM PUMP FOR IMPLEMENTING THIS METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG EINES VAKUUMS UND VAKUUMPUMPE ZUR DURCHFÜHRUNG  
DIESES VERFAHRENS

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a vacuum by using a vacuum pump. The invention also relates to a vacuum pump that, in particular, is suited for implementing the aforementioned method. The inventive vacuum pump has a multi-speed pump drive, and this pump drive can be switched from a first suction stage having an increased rotational speed into a second suction stage having a rotational speed, which is less than that of the first and at which the vacuum pump achieves the lowest ultimate vacuum.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Vakuums mittels einer Vakuumpumpe. Die vorliegende Erfindung befasst sich auch mit einer Vakuumpumpe, die insbesondere zur Durchführung des eingangs erwähnten Verfahrens geeignet ist. Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe hat einen drehzahlumschaltbaren Pumpantrieb, wobei der Pumpantrieb von einer ersten Saugstufe erhöhter Drehzahl in eine zweite Saugstufe mit einer demgegenüber verminderten Drehzahl umschaltbar ist, bei welcher Drehzahl die Vakuumpumpe das niedrigste Endvakuum erreicht.

WO 03/098045 A1

Verfahren zur Erzeugung eines Vakuums und Vakuumpumpe zur  
Durchführung dieses Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Vakuums mittels einer Vakuumpumpe. Die Erfindung befasst sich auch mit einer Vakuumpumpe, die insbesondere zur Durchführung des eingangs erwähnten Verfahrens einsetzbar ist.

5

Aus der DE 198 16 241 C1 ist bereits eine Vakuumpumpe bekannt, die einen Pumpenantrieb hat, dessen Drehzahl mittels eines Mikroprozessors in Abhängigkeit vom Ansaugdruck selbständig derart variiert werden kann, dass die Drehzahl des Pumpen-

10 trieb auf einen Minimalwert des Ansaugdrucks eingeregelt wird, bei dem das niedrigste Endvakuum erreicht wird. Diesem Stand der Technik liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei Membran- und Kolbenpumpen eine Erhöhung der Drehzahl zunächst eine Zunahme des erreichbaren Enddrucks bewirkt, - dass aber der

15 Enddruck dann einen Minimalwert erreicht und anschließend bei einer weiteren Zunahme der Drehzahl wieder zunimmt. Das Endvakuum nimmt also nicht kontinuierlich zu, sondern geht bei vergleichsweise niedriger Drehzahl durch ein Minimum, bei dem ein bestes Endvakuum erreicht wird. Die zum Stand der Technik

20 zählende Vakuumpumpe gemäß der DE 198 16 241 C1 hat jedoch den Nachteil, dass der zur Drehzahlanpassung erforderliche Mikroprozessor sowie das damit in Steuerverbindung stehende Druckmessorgan einen nicht unerheblichen Aufwand erfordern. Zudem wird bei diesem Stand der Technik der zum Erreichen des

25 niedrigsten Enddrucks erforderliche Zeitaufwand völlig vernachlässigt.

Es besteht daher insbesondere die Aufgabe, ein Verfahren zur

Erzeugung eines Vakuums sowie einen Vakuumpumpstand zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen, bei denen sich mit geringstem technischen Aufwand rasch das bestmögliche Endvakuum erreichen lässt.

5

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht bei dem Verfahren der eingangs erwähnten Art insbesondere darin, dass die verwendete Vakuumpumpe einen drehzahlumschaltbaren Pumpantrieb hat, wobei der Pumpantrieb in einer ersten Saugstufe mit erhöhter Drehzahl betrieben wird und wobei der Pumpantrieb nach  
10 einem Zeitintervall und/oder nach Erreichen eines festgelegten Enddrucks in eine zweite Saugstufe umgeschaltet wird, in welcher zweiten Saugstufe der Pumpantrieb eine demgegenüber verminderte Drehzahl hat, bei welcher Drehzahl die Vakuumpumpe  
15 das niedrigste Endvakuum erreicht.

Die erfindungsgemäße Lösung bei der Vakuumpumpe der eingangs erwähnten Art besteht insbesondere darin, dass diese Vakuumpumpe einen drehzahlumschaltbaren Pumpantrieb hat, wobei der  
20 Pumpantrieb von einer ersten Saugstufe erhöhter Drehzahl in eine zweite Saugstufe mit einer demgegenüber verminderten Drehzahl umschaltbar ist, bei welcher Drehzahl die Vakuumpumpe das niedrigste Endvakuum erreicht.

25 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass sich der niedrigste Enddruck nur erreichen lässt, wenn die Einlaß- und Auslassventile perfekt arbeiten und sich in ihren Öffnungs- und Schließzeiten nicht überschneiden. Ein solches Überschneiden der Ventilöffnungs- und -schließzeiten wird vermieden,  
30 wenn die Eigenfrequenz der Ventile mit den Ansaug- und Ausstoßhüben der Pumpe übereinstimmt. Dabei können aufgrund der aus Fertigungsgründen notwendigen Masse des Ventils - je nach Leistungsgröße - bestimmte Drehzahlen nicht überschritten wer-

den. Bei höheren Drehzahlen können aber trotz Ventilzeitenüberschneidungen größere Fördermengen erzielt werden. Die vorliegende Erfindung sieht nun vor, dass die Vakuumpumpe in einer ersten Saugstufe mit einer erhöhten Drehzahl betrieben wird und  
5 dass der Pumpantrieb anschließend in eine zweite Saugstufe mit einer demgegenüber verminderten Drehzahl umgeschaltet wird, bei welcher verminderten Drehzahl die Vakuumpumpe das niedrigste Endvakuum erreicht.

- 10 Der Auspumpvorgang wird also mittels einer ersten Saugstufe begonnen, bei der die verwendete Membran- oder Kolbenpumpe bei hoher Drehzahl die höchste Fördermenge bewegen kann. Nach einem vorgegebenen Zeitintervall und/oder bei Annäherung an das Endvakuum kann die Drehzahl der verwendeten Vakuumpumpe dann  
15 auf den für die Ventilfunktion optimalen Wert umgeschaltet und abgesenkt werden.

In der zweiten Saugstufe wird die verminderte Drehzahl des Pumpantriebs so gewählt, dass sie bei der betreffenden Pumpen-  
20 type den niedrigsten Enddruck erwarten lässt. Da der Pumpantrieb nur zwischen zwei Drehzahlbereichen umgeschaltet werden muss, ist eine aufwendige mikroprozessorgesteuerte Drehzahlsteuerung nicht zwingend erforderlich.

- 25 Der mit der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe verbundene Aufwand wird noch zusätzlich reduziert, wenn der Pumpantrieb zwischen der ersten und der zweiten Saugstufe mittels eines Drucksensors und/oder mittels eines Zeitgliedes umschaltbar ist. Stattdessen kann der Pumpantrieb aber auch mittels eines Schalters vom An-  
30 wender manuell zwischen der ersten und der zweiten Saugstufe umgeschaltet werden.

Die Drehzahlsteuerung der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe kann

mechanisch beispielsweise durch eine Keilriemenübersetzung mit variablem Keilriemenscheibendurchmesser erfolgen. Bevorzugt wird jedoch eine elektronische Drehzahlsteuerung.

- 5 Dabei ist nach einem Vorschlag gemäß der Erfindung vorgesehen, dass der Pumpantrieb als Wechselstrommotor ausgebildet ist und dass zur Drehzahlveränderung des Pumpantriebs ein Frequenzumrichter vorgesehen ist. Demgegenüber sieht ein anderer vorteilhafter Vorschlag gemäß der Erfindung vor, dass der Pumpantrieb  
10 als Gleichstrommotor ausgebildet ist und dass zur Drehzahlveränderung des Pumpantriebs eine Spannungsreduzierung vorgesehen ist.

Um das für die erste Saugstufe zur Verfügung stehende Zeitintervall verändern und beispielsweise bei einem größeren Vakuumbehälter derart verlängern zu können, bis rasch ein bestmögliches Endvakuum erreicht wird, ist es vorteilhaft, wenn das Zeitintervall für die erste Saugstufe mittels eines verstellbaren Zeitgliedes variierbar ist.

20

Zur Drehzahlsteuerung des Pumpantriebs kann auch ein Drucksensor vorgesehen sein, der bei Erreichen eines bestimmten Übergabedrucks von der ersten Saugstufe in die zweite Saugstufe umschaltet. Dabei ist die Drehzahl des Pumpantriebs so zu wählen,  
25 dass der Übergabedruck erhalten bleibt.

Die vorliegende Erfindung ist bei allen ventilgesteuerten Membran- oder Kolbenpumpen einsetzbar. Mit Hilfe der vorliegenden Erfindung lässt sich mit vergleichsweise geringem technischen  
30 Aufwand rasch das bestmögliche Endvakuum erreichen.

Ansprüche

### Ansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Vakuums mittels einer Vakuumpumpe, die einen drehzahlumschaltbaren Pumpantrieb hat, wobei der Pumpantrieb in einer ersten Saugstufe mit erhöhter Drehzahl betrieben wird und wobei der Pumpantrieb nach einem Zeitintervall und/oder nach Erreichen eines festgelegten Enddrucks in eine zweite Saugstufe umgeschaltet wird, in welcher zweiten Saugstufe der Pumpantrieb eine demgegenüber verminderte Drehzahl hat, bei welcher Drehzahl die Vakuumpumpe das niedrigste Endvakuum erreicht.
2. Vakuumpumpe, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, die einen drehzahlumschaltbaren Pumpantrieb hat, wobei der Pumpantrieb von einer ersten Saugstufe erhöhter Drehzahl in eine zweite Saugstufe mit einer demgegenüber derart verminderten Drehzahl umschaltbar ist, bei welcher Drehzahl die Vakuumpumpe das niedrigste Endvakuum erreicht.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl des Pumpantriebs mittels eines Drucksensors und/oder mittels eines Zeitgliedes zwischen der ersten und der zweiten Saugstufe umschaltbar ist.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpantrieb als Wechselstrommotor ausgebildet ist und dass zur Drehzahlveränderung des Pumpantriebs ein Frequenzumrichter vorgesehen ist.
5. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpantrieb als Gleichstrommotor ausgebildet ist und dass zur Drehzahlveränderung des Pump-

antriebs eine Spannungsreduzierung vorgesehen ist.

6. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Zeitintervall für die erste Saug-  
5 stufe mittels eines verstellbaren Zeitgliedes variierbar ist.

Zusammenfassung

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC 7 F04B43/00 F04B49/20 F04B37/14   |  |  |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |  |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC 7 F04B  |  |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched   |  |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)<br><br>EPO-Internal  |  |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>   |  |  |
| Category *  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.  |
| X   | DE 198 16 241 C (VACUUBRAND GMBH & CO)<br>28 October 1999 (1999-10-28)<br>cited in the application<br>the whole document<br>claim 2<br><br>----- | 1-5  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.  |  |  |
| * Special categories of cited documents :<br>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>*E* earlier document but published on or after the international filing date<br>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.<br>*&* document member of the same patent family |  |  |
| Date of the actual completion of the international search<br><br>11 August 2003   |  | Date of mailing of the international search report<br><br>21/08/2003 |
| Name and mailing address of the ISA<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  |  | Authorized officer<br><br>Ingelbrecht, P                             |



PCT/EP 03/04988

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19816241 C                             | 28-10-1999          | DE 19816241 C1             | 28-10-1999          |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F04B43/00 F04B49/20 F04B37/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                      | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | DE 198 16 241 C (VACUUBRAND GMBH & CO)<br>28. Oktober 1999 (1999-10-28)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>das ganze Dokument<br>Anspruch 2 | 1-5                |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
  - \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
  - \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
  - \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
  - \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. August 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/08/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ingelbrecht, P

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19816241   | C | 28-10-1999                    | DE 19816241 C1                    | 28-10-1999                    |

THIS PAGE BLANK (USPTO)